

Úloha I.3 ... infrasauna

6 bodů; průměr 3,48; řešilo 56 studentů

Dano pokračuje ve vybavování svojí vily další saunou – tentokrát infrasaunou. Chce umístit zářivku těsně pod strop sauny ve výšce $H = 2,5$ m nad zemí. Emituje-li zářič energii s délkovým zářivým výkonem $p = 1,2 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-1}$, jaké budou intenzita a celkový výkon záření dopadajícího na povrch lidského těla zhruba $h = 50$ cm nad zemí? Zářivka je rovná, září homogenně a je upevněna těsně pod středem stropu od jednoho kraje sauny do druhého.

Nápověda Pro jednoduchost uvažujte, že stěny, kde zářivka končí, a strop jsou zrcadla a že podlaha a stěny, kterých se zářivka nedotýká, záření dokonale absorbují a nevyzařují zpět do místnosti.

Karel byl ve wellness na Slovensku.

Nápověda se nám bude hodit. Říká nám, že si můžeme představit, že záření se šíří stejně, jako kdyby zářivka byla nekonečně dlouhá a měla nad sebou zrcadlo. Pokud bychom toto omezení neměli, museli bychom uvažovat, že každý materiál nějakou část elektromagnetických vln odráží a nějakou absorbuje. Absorbovanou energii potom zase vyzařuje zpět. Toto vyzařování ale obvykle probíhá na jiných vlnových délkách – podle toho, na jakou teplotu se materiál zahřeje. K určení této teploty bychom ale museli znát tepelnou kapacitu a vodivost materiálu. Navíc by se oblast bezprostředně u zdroje zahřála na výrazně vyšší teplotu než okolí a úloha by nejspíše nešla řešit jinak než numericky. Naše zjednodušené řešení je sice o něco méně přesné, ale mělo by být docela dobrým odhadem.

Úloha je zajímavá v tom, že intenzita záření dopadajícího na jednotkovou plochu neklesá jako obvykle s druhou mocninou vzdálenosti, ale klesá lineárně. To si můžeme odvodit například tak, že si kolem našeho tyčového zářiče představíme válec¹, který je s ním souosý. Ať bude mít válec jakýkoliv poloměr, celková energie záření dopadajícího na jeho plášť bude stále stejná. Záření vycházející podstavami nás nemusí zajímat, protože podle úvahy výše je situace stejná, jako kdyby byl zářič nekonečně dlouhý. Pro samotnou zářivku bez stěn by pro intenzitu záření I_0 ve vzdálenosti r od zářivky platilo

$$I = \frac{p}{2\pi r}.$$

K tomu musíme ještě uvažovat zrcadlo, které je nad zářivkou. To nám ale intenzitu záření jenom zdvojnásobí, protože díky němu se polovina záření odrazí zpět dolů. Závislost intenzity na vzdálenosti od zářivky tak bude

$$I = \frac{p}{\pi r}.$$

Vzdálenost povrchu od lidského těla je $r = H - h$, tedy intenzita vychází $I \doteq 191 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. Celkový výkon dostaneme, pokud odhadneme, jakou plochu má lidské tělo. Jako přibližný odhad pro pozici vleže na zádech či na břiše můžeme vzít² například průměrnou výšku člověka $a = 1,7$ m a průměrnou hodnotu transversálního rozměru hrudníku $b \doteq 0,3$ m a tyto hodnoty vynásobit, jako kdyby byl člověk kvádrem. Odhad to nebude moc přesný, ale pokud bereme rozměr hrudníku, tak se částečně vykompenzuje chyba toho, že jsme zapomněli na ruce a že naopak nohy a hlava jsou užší. Takto odhadnutá plocha člověka je $S = ab \doteq 0,5 \text{ m}^2$ a výkon, který bude dopadat na povrch lidského těla, vychází

$$P = IS = \frac{p}{\pi(H-h)}ab \doteq 96 \text{ W}.$$

¹V literatuře je někdy označován jako *Gaussův válec*.

²<http://www.n-i-s.cz/cz/parametry-populace/page/33/>

Na povrch člověka dopadá zhruba $P \doteq 100$ W záření.

Karel Kolář
karel@fykos.cz

Fyzikální korespondenční seminář je organizován studenty MFF UK. Je zastřešen Oddělením propagace a mediální komunikace MFF UK a podporován Ústavem teoretické fyziky MFF UK, jeho zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.
Pro zobrazení kopie této licence navštivte <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.